Document téléchargeable sur le site
https://www.svt-tanguy-jean.com/

Lycée Valentine LABBÉ
41 rue Paul DOUMER – BP 20226
59563 LA MADELEINE CEDEX
CLASSE PRÉPARATOIRE TB
(Technologie & Biologie)

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)
°° SCIENCES DE LA VIE °°

Partie 1. Organisation fonctionnelle de la cellule eucaryote
>> Travaux pratiques <<

TP 1.3.

Étude pratique du cycle cellulaire

Objectifs : extraits du programme

Séance(s)	Connaissances clefs à construire, commentaires, capacités exigibles
Cycle cellulaire (1 séance)	- identifier les différentes phases du cycle cellulaire à partir d'observations microscopiques photonique et électronique de cellules animale et végétale. - mettre en relation l'état des chromosomes avec les phases du cycle cellulaire

Introduction

- Chez les organismes eucaryotes, ***une molécule d'ADN linéaire que l'on trouve dans le noyau*** s'appelle une **chromatide**. L'**ADN** y est **associé avec des protéines variées** comme les **histones**.

Attention à ne surtout pas confondre le terme « **chromatine** » (avec un N) qui désigne ***l'état décondensé de l'ADN lors de l'interphase***, et le terme « **chromatide** » (avec un D) qui désigne une ***longue molécule d'ADN linéaire (associée à des protéines)*** – ce dont nous parlons ici.

- Un **chromosome** correspond :
  - Soit à ***une seule chromatide*** : on parle alors de **chromosome simple** ou de **chromosome monochromatidien**.
  - Soit à ***deux chromatides*** : on parle alors de **chromosome double** ou **chromosome bichromatidien** (= **chromosome dupliqué**). Dans ce cas, ***les deux chromatides sont identiques et reliées entre elles par une zone nommée centromère***. Ces deux chromatides sont appelées **chromatides sœurs**.

- On appelle **cycle cellulaire** ***l'ensemble des événements, notamment génétiques, de la vie d'une cellule allant de sa formation à sa division***. Il comprend une **interphase** (***phase pendant laquelle la cellule croît et duplique son matériel génétique (se préparant ainsi à la mitose) – les chromosomes sont dans un état décondensé*** et forment la **chromatine**) et une phase de **division cellulaire**.

- L'**interphase** peut être divisée en **trois étapes** en lien avec l'évolution de la **quantité d'ADN dans le noyau** :
  - La ***phase G1*** (G pour *growth* [croissance] ou *gap* [lacune] selon les auteurs) ***où les chromosomes sont simples (1 chromatide)***. La cellule **croît** et assure ses **fonctions** grâce à la **synthèse de protéines**.
  - La ***phase S*** (S pour *synthesis*) où ***les chromosomes subissent une duplication***.
  - La ***phase G2*** où ***les chromosomes sont doubles (2 chromatides)***. La cellule **croît**, assure ses **fonctions** et **se prépare à la mitose** grâce à la **synthèse de protéines**.

Notons que ***les cellules différenciées qui ne subiront plus de mitose*** demeurent en une **phase G0** équivalente à une sorte de **phase G1 « définitive »**.

- Il existe **deux types de divisons cellulaires**. On distingue :
  - La **mitose au sens large** ou **phase mitotique** – qui est généralement celle à laquelle on fait référence quand on parle de « division cellulaire » sans plus de précision – qui est la ***division d'une cellule-mère en deux cellules-filles génétiquement identiques entre elles et génétiquement identiques à la cellule-mère (à quelques éventuelles erreurs près)***, du moins en ce qui concerne le **génome nucléaire**. Cette division comprend
    - une ***division du noyau*** ou **caryocinèse** ou encore **caryodiérèse** (ou **mitose au sens strict** des **auteurs anglo-saxons***)
    - et une ***division du cytoplasme*** ou **cytocinèse** ou encore **cytodiérèse**.

Notons bien que **le nombre de chromosomes est maintenu** suite à la **mitose** : si la **cellule-mère** est **diploïde**, les **cellules-filles** obtenues par **mitose** seront **diploïdes** aussi (*et si la cellule était haploïde, les cellules-filles seraient haploïdes – ce qui ne se rencontre pas chez les Mammifères*).

* Attention, ***chez certains auteurs récents, seule la caryocinèse est appelée « mitose » (sens strict)***. Nous gardons toutefois **ici l'usage traditionnel historique** qui est aussi l'acception retenue par le **programme** : quand nous parlons de « mitose », c'est **au sens large**.

  - La **méiose** qui est la ***division d'une cellule-mère diploïde en quatre cellules-filles haploïdes (ou moins lorsque certaines cellules dégénèrent)***. Il s'y déroule un **brassage génétique**. La méiose comprend **deux divisions qui se suivent** : la **division réductionnelle** et la **division équationnelle**.

La **méiose** est traitée dans le chapitre 16 (Aspects chromosomes et génétiques de la reproduction) et le TP 3.3. (Méiose et brassage génétique)

Notons bien que **le nombre de chromosomes est divisé par deux** lors de la **méiose**.

- Ce TP a pour objet **l'étude pratique du cycle cellulaire**. Il prolonge le chapitre 6.

Comment l'étude de lames microscopiques ou de clichés micrographiques ou électronographiques nous permet-elle de comprendre la structure du génome au cours de l'interphase et des divisons cellulaires ?

I. Étude pratique de l'interphase et des niveaux de condensation de l'ADN (interphases et divisions)

Comment l'étude électronographique de l'interphase nous renseigne-t-elle sur l'organisation structurale du génome eucaryote et son évolution lors de cette étape du cycle cellulaire ?

Activité 1. Étude électronographique de l'interphase et des niveaux de condensation de l'ADN

Savoirs à construire	Structure électronographique de l'information génétique nucléaire au cours de l'interphase : phases G1/G2, réplication Étude des niveaux de condensation de l'ADN + chromosomes géants, chromosomes en écouvillon

Savoir-faire sollicités	**Capacité ou attitude visée**	**Évaluation**
	Analyser, observer et raisonner	

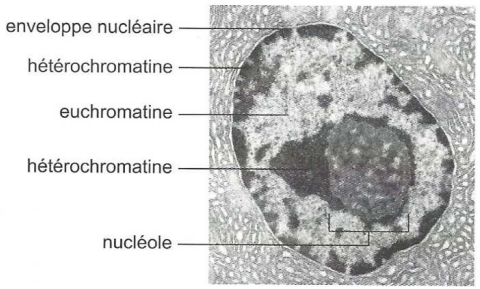
Travail à effectuer

Les objets à étudier et savoir reconnaître sont :

1. Organisation du **noyau** et la **chromatine interphasique** en phases G1 ou G2 (ou G0) (**euchromatine** + **hétérochromatine**).
2. Les **figures de réplication** (= ***formations ultrastructurales montrant une réplication en cours***).
3. Les **niveaux de condensation** de l'ADN.
4. [Au cas où, des **cas particuliers** de chromosomes : **chromosomes polytènes**, **chromosomes en écouvillon**].

Pistes de réflexion et d'exploitation
Légendez *les électronographies (figures 1-8).*
Pensez à ***identifier*** *(nommer) les stades de condensation présentés (figures 4-6).*

A. Étude électronographique du noyau et de la chromatine en interphase (phases G1, G2 / G0)



Noyau cellulaire
et chromatine observés au M.E.T.
(Cliché J. André labo, BC4, Orsay, « Atlas de Biologie cellulaire , J.-C. Callen, J.-C. Rolland, A. et D. Szöllösi, 5e éd. Dunod, 2001).»

FIGURE 1. Allure du noyau au MET (taille env. 4 µm) montrant le nucléole, l'euchromatine et l'hétérochromatine. D'après PEYCRU *et al.* (2013).

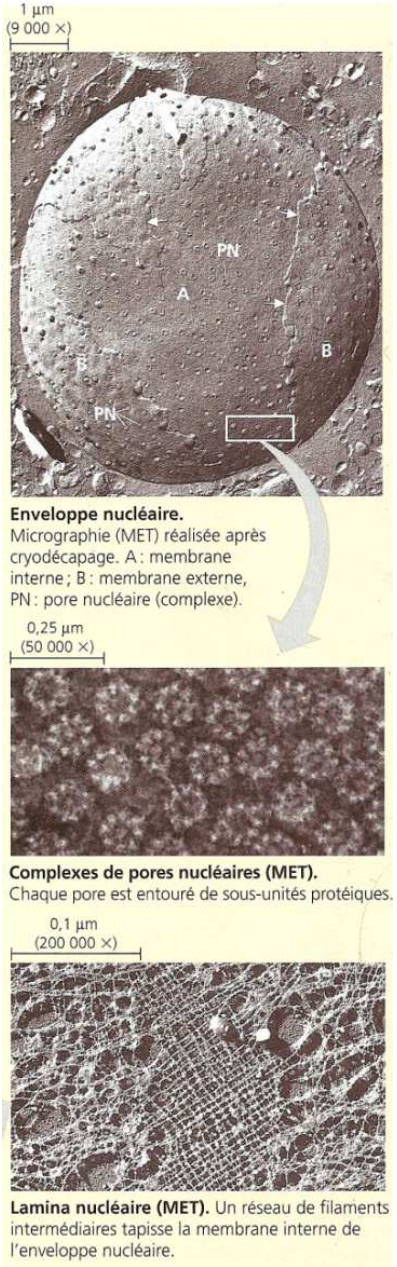
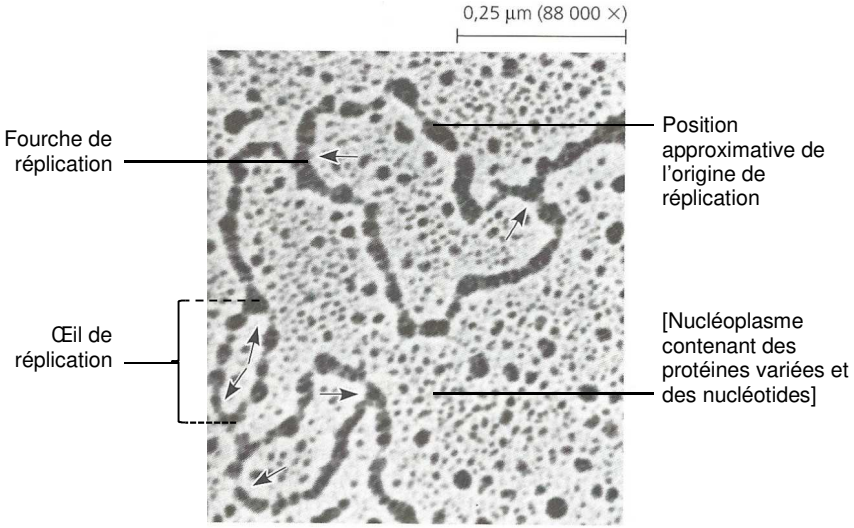


FIGURE 2. Autres structures nucléaires. D'après CAMPBELL & REECE (2004).

B. Étude électronographique de la réplication eucaryote (phase S de l'interphase)



Sur cette micrographie de l'ADN de cellules cultivées de Hamster chinois (*Cricetulus griseus*), on peut voir trois exemplaires d'un œil de réplication. Les flèches indiquent le sens de la réplication de l'ADN aux deux fourches de chaque œil de réplication. (MET)

FIGURE 3. Figure de réplication eucaryote. D'après CAMPBELL & REECE (2004).

C. Étude électronographique des niveaux de condensation (interphase + divisions)

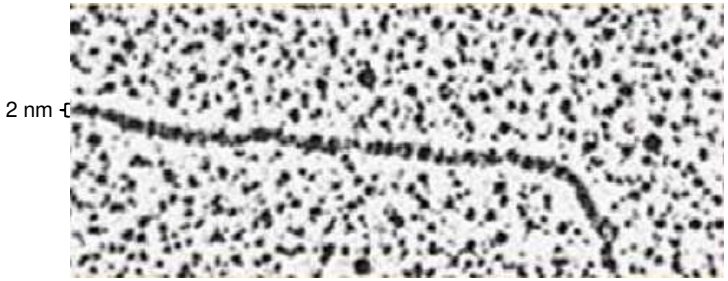


FIGURE 4. ADN débarrassé des histones (largeur de la double hélice : 2nm).
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

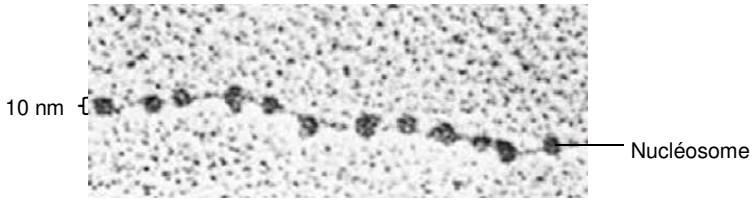


FIGURE 5. Fibre nucléosomique (largeur d'un nucléosome : 10 nm).
= Euchromatine
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

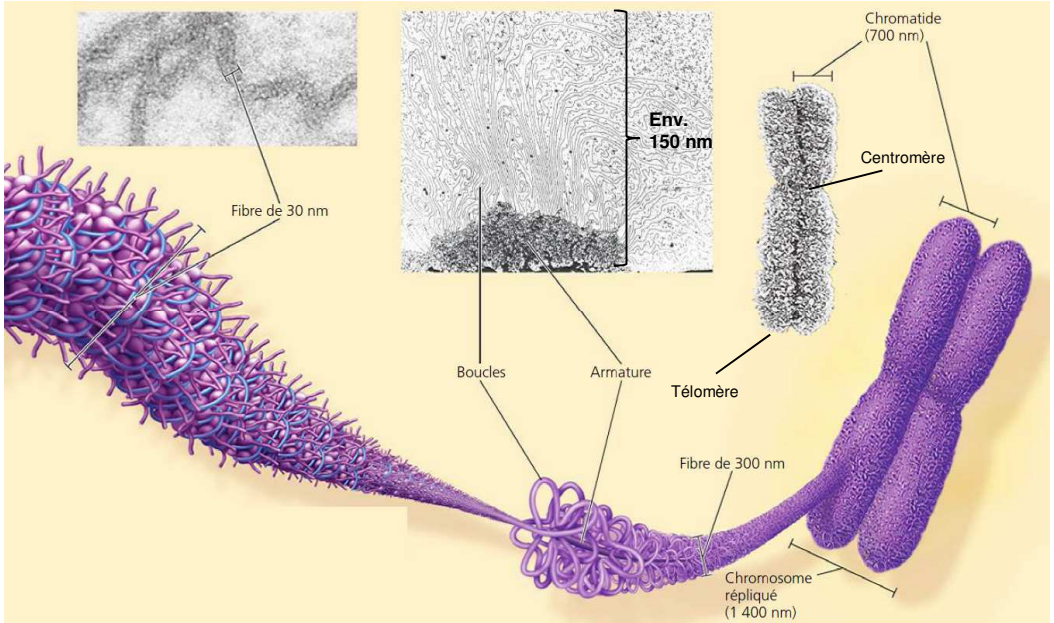
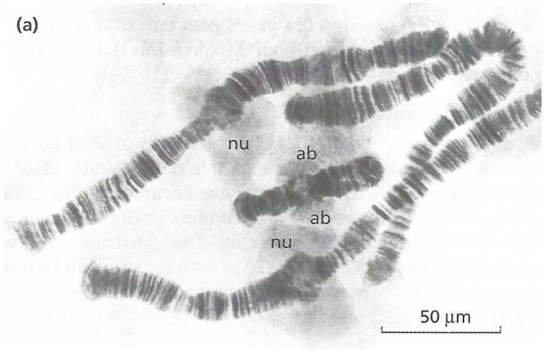


FIGURE 6. Fibre chromatinienne, fibre de 300 nm, chromosome métaphasique.
- Fibre chromatinienne de 30 nm = hétérochromatine
- Stades supérieurs : uniquement lors des divisions.
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

D. Des cas particuliers de chromosomes (interphase + divisions cellulaires) (MO) [*Limite programme ?*]

- On peut citer :
  - ***Les chromosomes géants*** ***(chr. polyténiques = polytènes)*** [interphase]
    - Ce sont des chromosomes **observables** dans les **cellules larvaires de glandes salivaires d'Insectes Diptères** (figure 7). Il s'agit de ***chromosomes constitués du regroupement de très nombreux chromosomes interphasiques ayant subi de multiples réplications en restant solidaires*** (un chromosome polyténique peut compter jusqu'à 512, voire 1024 copies !). On y distingue, en microscopie électronique, des **bandes** sombres hautement condensées et des **interbandes** moins condensées. Les ***puffs*** ou **anneaux de Balbiani** (ab sur la figure 7) sont des ***zones décondensées d'intense transcription*** qui ont permis de **démontrer que l'état décondensé était indispensable à la transcription des gènes** ; certains puffs constituent le **nucléole**. L'état polyténique permet une **synthèse protéique très intense**.



(a) Chromosomes polyténiques, glandes salivaires d'une larve d'insecte (Chironome) x 900, *(Cliché W. Beermann)*. Dans les noyaux des cellules des glandes salivaires, plusieurs cycles de réplication de l'ADN se succèdent sans séparation des chromosomes fils. Les chromosomes polyténiques ou chromosomes géants qui en résultent rassemblent des faisceaux de chromosomes interphasiques. Les bandes sombres sont des régions riches en ADN condensé et les inter-bandes claires ne contiennent que 15 % de l'ADN du chromosome. Les puffs ou anneaux de Balbiani (ab) sont des zones où l'ADN est décondensé ; à ce niveau, l'incorporation d'uracile tritiée ou d'uridine tritiée démontre l'existence d'une transcription intense. Les bandes sombres sont donc des zones où sont localisés des gènes ; les puffs sont des zones où les gènes sont fonctionnels. Au niveau de certains puffs sont synthétisés les ARN ribosomiques ; ces puffs correspondent donc aux nucléoles (nu).

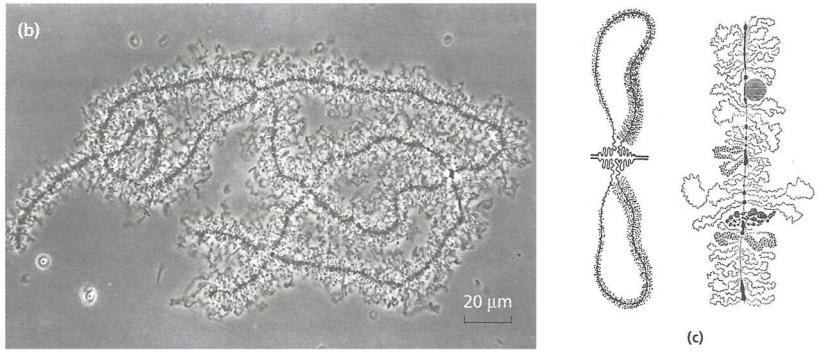
FIGURE 7. Chromosomes géants (MO). D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

Nous avons quelques **lames microscopiques de chromosomes géants** que vous pouvez **observer au microscope optique** !

- ***Les chromosomes en écouvillon*** [**méiose** bloquée en prophase I]

Petit détour par la méiose…

  - Ce sont des chromosomes **observables** dans les **ovocytes d'Amphibiens en prophase I de méiose (stade diplotène)** montrant également le **lien entre décondensation et transcription** (figure 8). Ces **ovocytes** accumulent une grande quantité de **réserves** utiles à la **gamétogenèse** et au **développement embryonnaire**. Les chromosomes en écouvillon ***présentent des boucles disposées en vis-à-vis où l'ADN est décondensé*** ; cette organisation lui donne un **aspect plumeux**, d'où l'expression écouvillon.



(b) Chromosomes en écouvillon, ovocyte de triton, contraste de phase x 900, *(Cliché J. Gall)*. Une paire de chromosomes homologues a été isolée d'un noyau d'ovocyte en prophase de méiose. A ce stade les chromosomes présentent des expansions latérales en forme de boucles ; à ce niveau, l'incorporation d'uracile tritiée ou d'uridine tritiée démontre l'existence d'une transcription intense.

(c) Schémas d'interprétation (chromosomes en écouvillon).

FIGURE 8. Chromosomes en écouvillon (MO à contraste de phase). D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

II. Étude pratique des modalités de la mitose

Comment l'étude micrographique et électronographique de la division mitotique nous permet-elle d'en comprendre les modalités et mécanismes ?

Activité 2. Étude pratique de la division mitotique

Savoirs à construire	Division cellulaire (mitose)

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Manipuler, maîtriser un geste technique, un outil, un logiciel : ➢ Microscope optique	
	Analyser, observer et raisonner	

Travail manipulatoire à effectuer

1. **Préparation microscopique de cellules en mitose à partir d'une pointe de racine d'Ail ou d'Oignon (protocole de Didier Pol)**
   a. **Prélever** avec des ciseaux une jeune racine en croissance sur un bulbe : **couper** le segment terminal à environ 5 mm de l'extrémité et le **déposer** sur une lame porte-objet. *On doit observer près de l'extrémité le méristème qui forme une petite tache.*
   b. **Recouvrir** l'échantillon d'acide chlorhydrique à 1 mol × L^{-1}. **Laisser agir** 5 minutes pendant lesquelles *l'acide hydrolyse le ciment pectique qui relie les parois cellulaires ; ceci facilitera ensuite la dissociation des cellules.*
   c. **Enlever** l'acide avec un essuie tout utilisé comme papier buvard en faisant attention de ne pas coller l'échantillon sur le papier.
   d. **Recouvrir** l'échantillon d'une solution d'orcéine et **laisser agir** pendant 20 minutes.
   e. **Éliminer** le colorant avec un essuie tout en faisant attention de ne pas entraîner l'échantillon.
   f. **Recouvrir** d'une goutte d'acide acétique à 45 % et **poser** une lamelle.
   g. **Appuyer** délicatement sur la lamelle (attention, c'est fragile !) pour aplatir l'échantillon de façon à former une couche monocellulaire en déplaçant légèrement la lamelle tout en appuyant pour provoquer la dissociation des cellules.
2. **Observation de lames du commerce**
   → Étude microscopique d'**apex racinaires** (figures 10-11)
   On en profitera pour **se remémorer** la **structure de l'apex racinaire** (figure 12) et **l'observer** sur la lame microscopique.
   → Étude microscopique de **cellules d'Ascaris** ('ver' Nématode parasite intestinal) en mitose (figure 13)
3. **Étude d'électronographies**
   → Étude de **centrosomes (cellules animales)** (figure 14)
   → Étude de la **cytodiérèse animale et végétale** (figure 15)

Pistes de réflexion et d'exploitation
Légendez *les figures (figures 10-16).*

Productions graphiques

Utilisez l'annexe I pour produire un **dessin d'observation** de chaque **phase de la mitose** et en lister les **grands événements cellulaires** et **chromosomiques**.

Le mouvement des chromosomes au cours de la mitose a été décrit par W. Flemming à la fin du XIXe siècle. L'utilisation de colorants du **matériel filamenteux** que sont les chromosomes (le terme mitose étant dérivé de *mito* signifiant *filament*) a permis une description précise et le découpage en différentes phases.
Plusieurs composés et protocoles permettent de visualiser, en microscopie optique la chromatine et les chromosomes.

Réactifs	Coloration du matériel génétique
Réaction de Feulgen (HCl puis fuschine décolorée)	précipité rouge (spécifique de l'ADN)
Orcéine acétique	rouge - brun
Carmin acétique (à chaud)	rouge
Vert de méthyle acétique	vert
hématoxyline éosine	bleu violacé (acides nucléiques)
DAPI (di aminido phényl indol)	liaison spécifique aux bases A et T excitation par lumière violette (λ = 372 nm) lumière fluorescente bleue

Quelques composés permettant de visualiser le matériel génétique

FIGURE 9. Outils et colorants permettant d'étudier les divisions cellulaires.
D'après Peycru *et al.* (2010a).

A. Étude au MO des étapes de la mitose

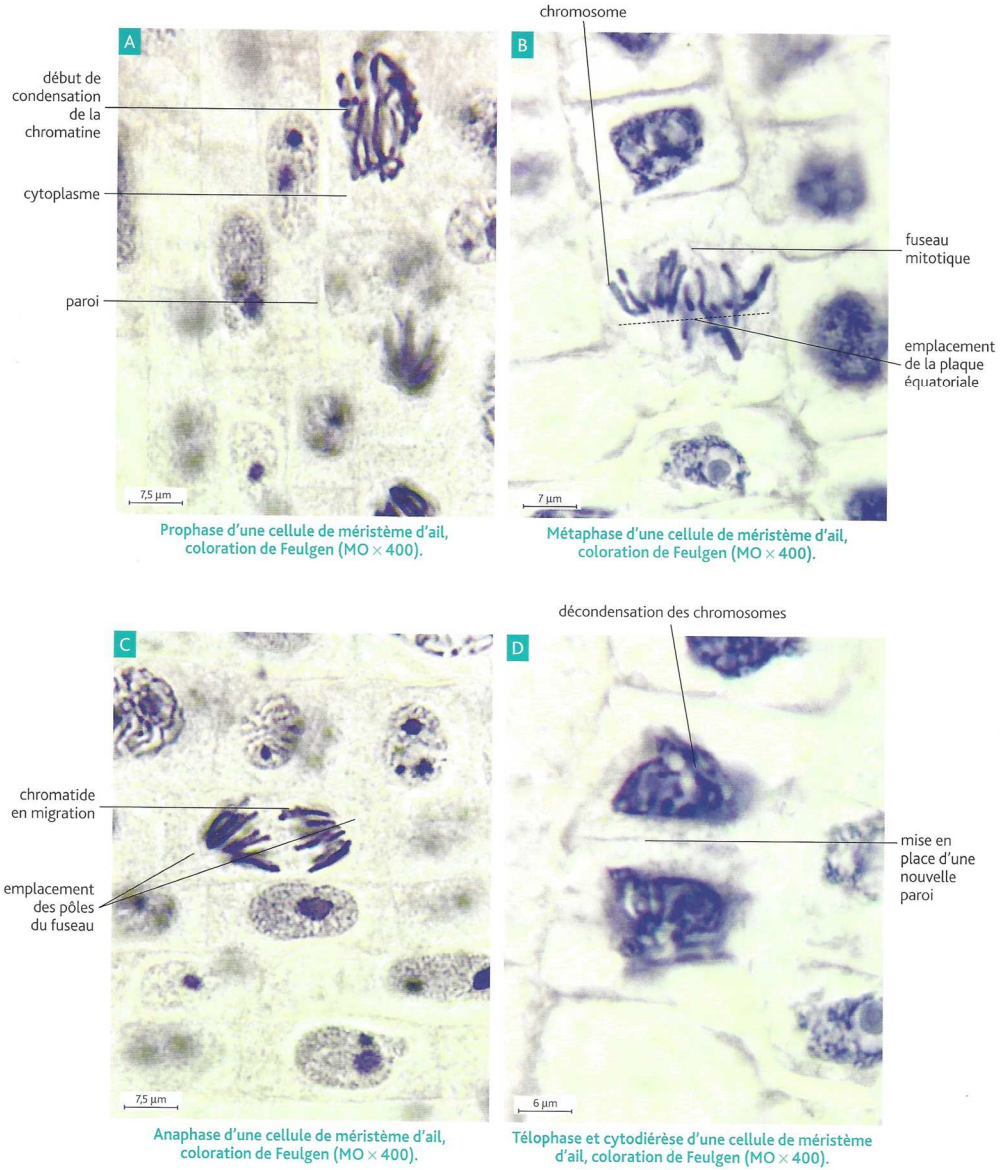


FIGURE 10. Mitose dans les cellules végétales (apex racinaire de Monocotylédone / MO).
D'après BOUTIN *et al.* (2015).

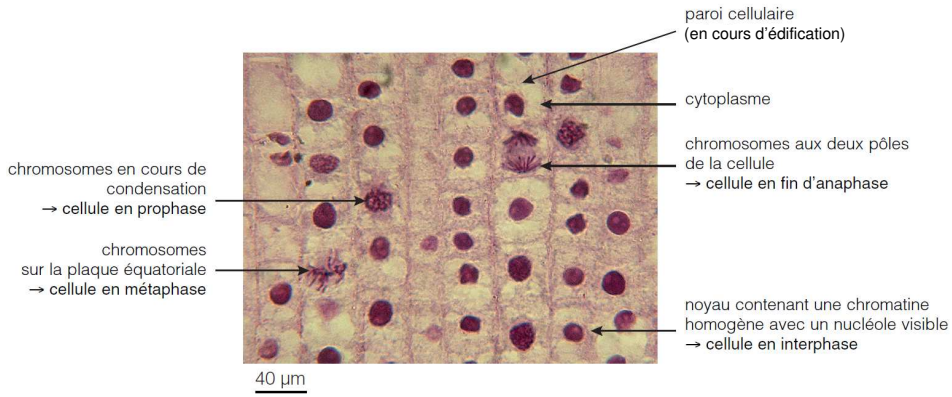


FIGURE 11. Mitose dans les cellules végétales (apex racinaire de Monocotylédone / MO).
D'après SEGARRA *et al.* (2014).

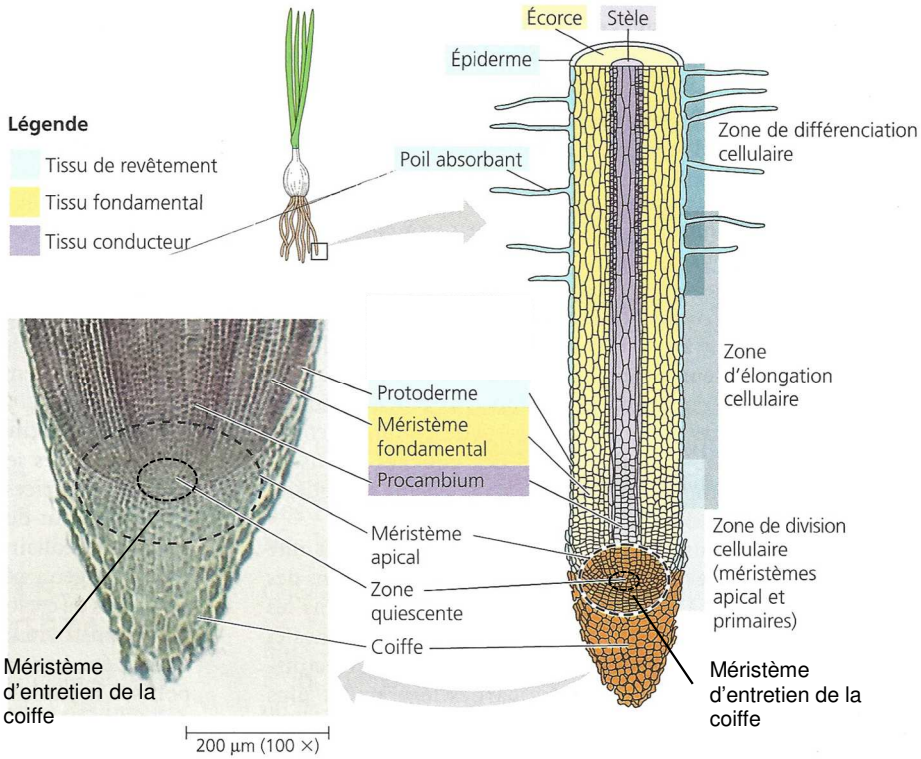


FIGURE 12. Organisation d'un apex racinaire (rappels). D'après CAMPBELL & REECE (2004).

Les observations sont réalisées sur des cellules-œufs d'Ascaris du cheval au cours de la première division de mitose après la fécondation (phase de segmentation).

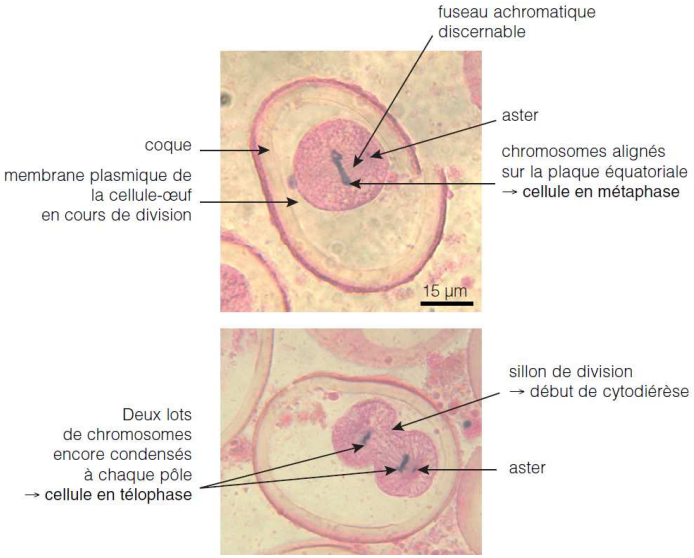
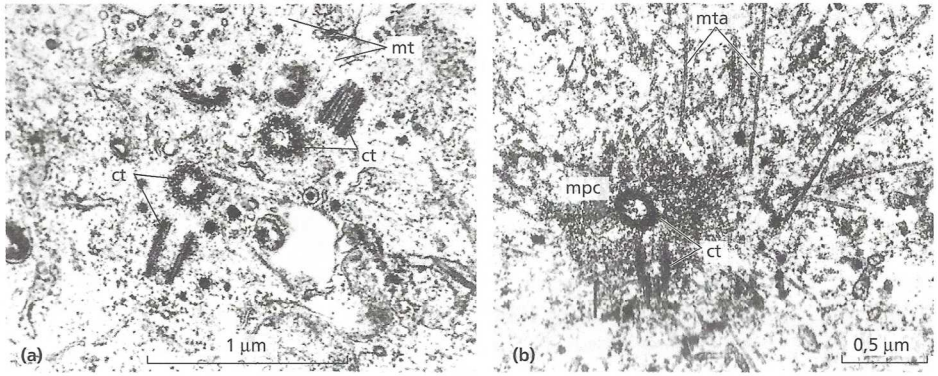


FIGURE 13. Mitose dans les cellules animales (pour information / MO).
D'après SEGARRA *et al.* (2014).

B. Étude électronographique des centrosomes des cellules animales



Complexes centriolaires à deux phases du cycle cellulaire.

(D'après le sujet C de l'épreuve de Biologie du concours ENS 1996 (document 4))

(a) Lors de la phase S de l'interphase.
On note la présence de deux diplosomes formés chacun de deux centrioles (ct) disposés perpendiculairement l'un à l'autre. Sur les centrioles coupés transversalement, la structure en neuf triplets de microtubules est bien reconnaissable. Les centrioles sont entourés de microtubules (mt) disposés sans orientation particulière.
(b) Au début de la prophase.
Un seul aster est ici photographié. Il est constitué de deux centrioles (ct) disposés perpendiculairement, entourés de matériel péricentriolaire dense (mpc) d'où rayonnent des microtubules astériens (mta).

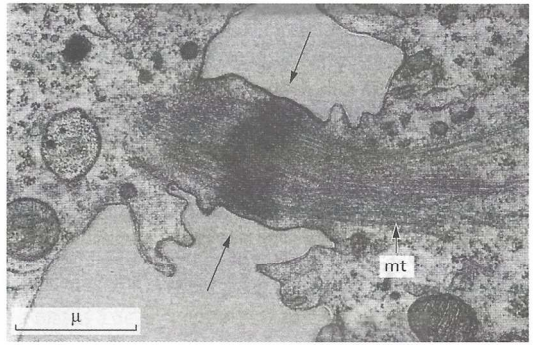
FIGURE 14. Centrosomes des cellules animales (pour information / MET).
D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

Diplosome = ***ensemble de deux centrioles***.
Avec le matériel péricentriolaire, il constitue un **centrosome**.

C. Étude électronographique de la cytodiérèse des cellules animales et végétales

Cytodiérèse d'une cellule animale.
Segmentation de l'embryon de Rat (MET x 35 000).

La coupe, tangentielle au sillon de division (flèche), montre les microtubules du fuseau (mt), et dans un plan perpendiculaire, les filaments contractiles d'actine, beaucoup plus fins. *(Cliché, Labo. BC4, Orsay).*



Cloisonnement d'une cellule végétale.
Racine de glycine (MET x 18 500).

Dans chaque cellule en fin de mitose, l'enveloppe nucléaire (en) s'est reconstituée, individualisant à nouveau le compartiment nucléaire (n). La nouvelle paroi se forme dans le plan équatorial, par fusion de vésicules golgiennes orientées perpendiculairement à l'axe d'allongement des microtubules (mt). L'ébauche de la paroi progresse du centre de la cellule vers la périphérie où elle se soude à la paroi (p) de la cellule mère. Les membranes des vésicules fusionnées sont à l'origine de la nouvelle membrane plasmique (mp). (Cliché E. Newcomb et W. Wergin).

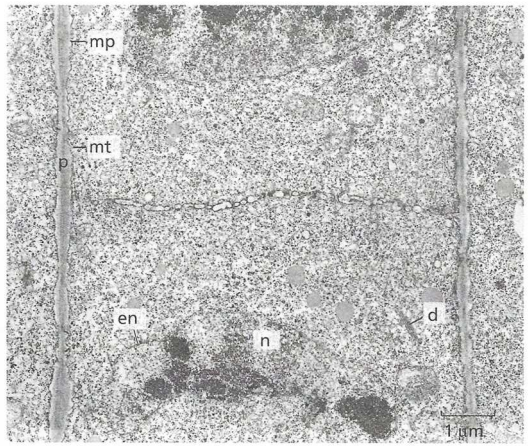


FIGURE 15. Cytodiérèses animale et végétale (pour information / MET).
D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

III. Étude de caryotypes humains

Comment peut-on identifier et caractériser les caryotypes humains ?

Activité 3. Étude de caryotypes humains

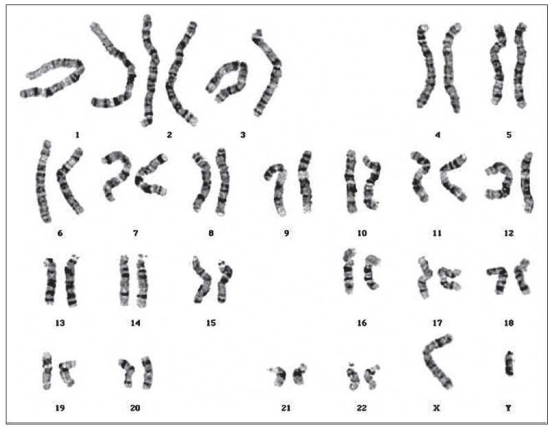
Savoirs à construire	Caryotypes humains Diploïdie, haploïdie, aneuploïdie, euploïdie

Savoir-faire sollicités	**Capacité ou attitude visée**	**Évaluation**
	Analyser, observer et raisonner	

Travail à effectuer
Étudiez les caryotypes proposés et **caractérisez**-les (sexe, anomalie éventuelle) (figures 16-20).

Pistes de réflexion et d'exploitation
Tout est déjà légendé.

A. Caryotype normal d'un homme (2n diploïde)

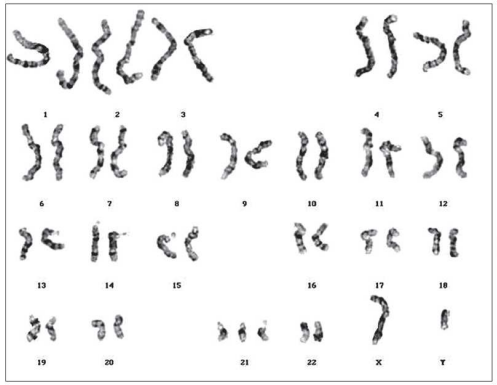


Caryotype normal d'un homme

La paire de chromosomes sexuels est constituée par un chromosome X et un chromosome Y.
Les chromatides des chromosomes apparaissent soudées l'une à l'autre sur ce type de préparation.
(Photo issue du site des Hôpitaux Universitaires de Genève, http://www.medgen.unige.ch/cytogenetics).

FIGURE 16. Caryotype normal d'un homme. D'après SEGARRA *et al.* (2004).

B. Caryotype anormal d'un homme porteur d'une trisomie 21 (2*n* diploïde + aneuploïdie)

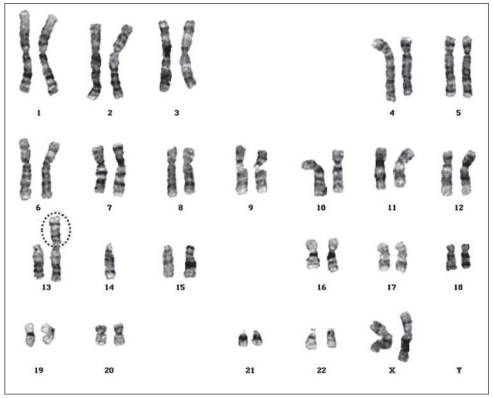


Caryotype d'un homme porteur d'une trisomie 21

La paire de chromosomes sexuels est constituée par un chromosome X et un chromosome Y. Trois chromosomes de la paire 21 sont à l'origine d'une pathologie. Les chromatides des chromosomes apparaissent soudées l'une à l'autre sur ce type de préparation. (Photo issue du site des Hôpitaux Universitaires de Genève, http://www.medgen.unige.ch/cytogenetics).

FIGURE 17. Un exemple d'aneuploïdie : la trisomie 21. D'après SEGARRA *et al.* (2004).

C. Caryotype anormal d'une femme (saine !) porteuse d'une fusion chromosomique 13/14 (2*n* diploïde + aneuploïdie induite par la fusion)



Caryotype d'une femme porteuse d'une translocation chromosomique 14/13

La paire de chromosomes sexuels est constituée par deux chromosomes X. Un chromosome de la paire 14 semble absent : il a été en réalité transloqué sur un des chromosomes de la paire 13 (zone entourée en pointillés). Les chromatides des chromosomes apparaissent soudées l'une à l'autre sur ce type de préparation. (Photo issue du site des Hôpitaux Universitaires de Genève, http://www.medgen.unige.ch/cytogenetics).

FIGURE 18. Un exemple de mutation chromosomique. D'après SEGARRA *et al.* (2004).

D. Caryotypes normaux des gamètes (*n* haploïdes)

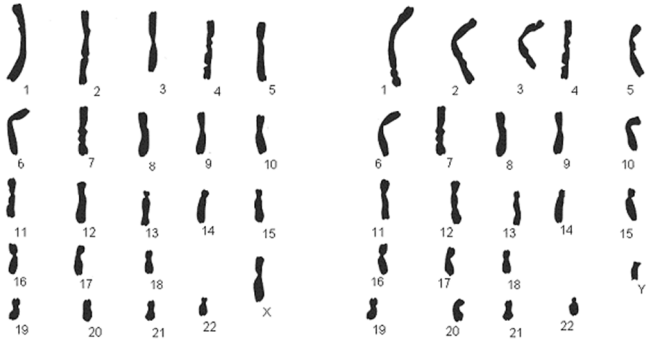


FIGURE 19. Caryotypes de gamètes.
http://enviedesvt.overblog.com/l-originalite-de-chaque-etre-humain (janvier 2017)

E. Un caryotype humain triploïde (non viable) (euploïdie)

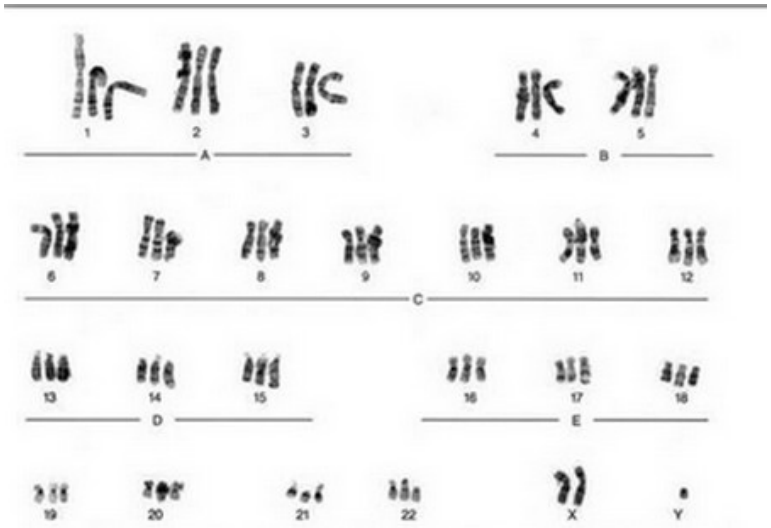


FIGURE 20. Caryotype humain triploïde (rarissime et non viable) (euploïdie).
http://enviedesvt.overblog.com/l-originalite-de-chaque-etre-humain (janvier 2017)

Références

ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition.* Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Flammarion, Paris. Première édition américaine 1983 (1986 1e édition française).

BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).

BOUJARD, D. (dir). B. ANSELME, C. CULLIN & CÉLINE RAGUÉNÈS-NICOL (2015). *Biologie cellulaire et moléculaire. Tout le cours en fiches. Licence. PACES. CAPES.* 2e édition (1e édition 2012), Dunod, Paris.

BREUIL, M. (2007). *Biologie 1re année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

BREUIL, M. (2009). *Biologie 2e année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles, 2e édition (1e édition 1995).

[CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERAMN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie.* Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAÎNE. Pearson, Paris (4e edition).

CHEMISQUY, M. A., G. RODRÍGUEZ GIL, C. L. SCIOSCIA & L. M. MOLA (2008). Cytogenetic studies of three Lycosidae species from Argentina (Arachnida, Araneae). *Genetics and Molecular Biology*, 31 (4) : 857-867.

DENŒUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1re année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse.* Ellipses, Paris.

LATRUFFE, N. (dir.), F. BLEICHER-BARDETTI & J. VAMECQ (2014). *Biochimie. Tout le cours en fiches. Licence. PACES-UE1. CAPES.* Dunod, Paris.

LIZEAUX, BAUDE *et al.* (2008). *Terminale S SVT (tronc commun).* Bordas, Paris.

MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et colloborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie.* Frison-Roche, Paris.

PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGÈRE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010*a*). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 2e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1e édition 2006).

PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIOU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010*b*). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2007).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG, & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2006).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIOU, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUÉINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2007).

RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007). *Biologie.* De Boeck, Bruxelles.

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2010).

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2015). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2010).

SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1re année.* Ellipses, Paris.

SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ & C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2e année.* Ellipses, Paris.

VINCENT, P. (1964). *Sciences naturelles. Classe de 2eM'.* Vuibert, Paris.

VINCENT, P. (1962). *Sciences naturelles. Classe de 1reM'.* Vuibert, Paris.

VINCENT, P. (1968). *Sciences naturelles. Classe de 1eD.* Vuibert, Paris.

Plan du TP

Objectifs : extraits du programme **1**
Introduction **1**

I. Étude pratique de l'interphase et des niveaux de condensation de l'ADN (interphases et divisions) **2**
A. Étude électronographique du noyau et de la chromatine en interphase (phases G1, G2 / G0) 2
B. Étude électronographique de la réplication eucaryote (phase S de l'interphase) 3
C. Étude électronographique des niveaux de condensation (interphase + divisions) 3
D. Des cas particuliers de chromosomes (interphase + divisions cellulaires) (MO) [*Limite programme ?*] 4

II. Étude pratique des modalités de la mitose **5**
A. Étude au MO des étapes de la mitose 6
B. Étude électronographique des centrosomes des cellules animales 7
C. Étude électronographique de la cytodiérèse des cellules animales et végétales 8

III. Étude de caryotypes humains **8**
A. Caryotype normal d'un homme (2n diploïde) 8
B. Caryotype anormal d'un homme porteur d'une trisomie 21 (2n diploïde + aneuploïdie) 9
C. Caryotype anormal d'une femme (saine !) porteuse d'une fusion chromosomique 13/14 (2n diploïde + aneuploïdie induite par la fusion) 9
D. Caryotypes normaux des gamètes (n haploïdes) 9
E. Un caryotype humain triploïde (non viable) (euploïdie) 9

Références **10**
Plan du TP **10**

Annexe I. Dessins d'observations des principales phases de la mitose (à détacher pour évaluation) **11**

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.

Document produit en mai 2018 • Dernière actualisation : février 2019.

Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com

Adresse de téléchargement : https://www.svt-tanguy-jean.com/

Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.

Annexe I. Dessins d'observations des principales phases de la mitose (à détacher pour évaluation)

NOM : **Prénom :**

Prophase

- Mise en place du **fuseau mitotique** (= **fuseau achromatique** = **fuseau de division**)
- **Condensation** des **chromosomes**

Prométaphase (peut être incluse dans la prophase)

- **Vésicularisation** de l'**enveloppe nucléaire**
- **Fixation** des **microtubules kinétochoriens** sur les **kinétochores** des chromosomes

État des chromosomes

*(!) Toujours **2n chromosomes** lors de **mitose** (!)*

- **Doubles** (= 2 chromatides par chromosome)

Métaphase

- **Alignement équatorial** des **chromosomes** : formation de la **plaque métaphasique**

État des chromosomes

*(!) Toujours **2n chromosomes** lors de **mitose** (!)*

- **Doubles** (= 2 chromatides par chromosome)

Anaphase

- **Raccourcissement** des **microtubules kinétochoriens**

⇒ **Séparation** des **chromatides sœurs** (les **chromosomes** deviennent **simples**)

- **Migration** (par traction due aux **microtubules kinétochoriens**) des **chromosomes simples** à chaque **pôle** de la cellule = c'est l'**ascension polaire**

*[- Dans les cellules animales uniquement : **allongement de la cellule** sous l'effet de la **polymérisation** des **microtubules polaires** : cela définit l'**anaphase B**]*

État des chromosomes

*(!) Toujours **2n chromosomes** lors de **mitose** (!)*

- Les **chromosomes** deviennent **simples** (= 1 chromatide par chromosome)

*>> C'est l'étape qui assure **l'égale répartition du matériel génétique** entre les **deux cellules filles**.*

Télophase

- **Reformation de l'enveloppe nucléaire** autour des deux lots chromosomiques
- **Décondensation** des **chromosomes**

Cytodiérèse

- **Individualisation** des **cytoplasmes** des **cellules-filles**
  > Cellules animales : **sillon de division** dû à un **anneau contractile** (actine-myosine)
  > Cellules végétales : formation de la **plaque cellulaire** (jeune paroi)

État des chromosomes

*(!) Toujours **2n chromosomes** lors de **mitose** (!)*

- **Simples** (= 1 chromatide par chromosome)